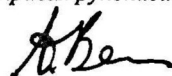


На правах рукописи



ВАЛЕЕВ АЛЬБЕРТ ИЛЬГИЗОВИЧ

**КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ДЛЯ ПУСКА
ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ МАНЕВРОВЫХ
ТЕПЛОВОЗОВ**

Специальность 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

КАЗАНЬ - 2010

Работа выполнена в ГОУ ВПО «Казанский государственный
энергетический университет»

Научный руководитель:	доктор технических наук, профессор Марченко Герман Николаевич
Официальные оппоненты	доктор технических наук, профессор Корнилов Владимир Юрьевич кандидат технических наук, доцент Макаров Валерий Геннадьевич
Ведущая организация	кафедра «Электрооборудования» Казанского государственного технического университета им. А.Н.Туполева, национального исследовательского университета

Защита состоится «19» января 2011 г. в 15.00 часов в аудитории Д-223 на заседании диссертационного совета Д 212.082.04 при Казанском государственном энергетическом университете по адресу:
420066, г.Казань, ул. Красносельская, 51.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах, заверенных печатью учреждения) направлять по адресу: 420066, г.Казань, ул. Красносельская, 51, Ученый Совет КГЭУ. Факс: (843) 5438624, 5184464.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ГОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет».

С авторефератом можно ознакомиться на сайте ГОУ ВПО КГЭУ
<http://www.kgeu.ru>.

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КГУ



0000681927

Автореферат разослан «18» декабря 2010

Ученый секретарь
Диссертационного совета Д 212.082.04
кандидат педагогических наук, профессор

Лопухов Т.В. Лопухова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Инновационное развитие ОАО «РЖД» направлено на достижение параметров экономической эффективности, экологической и функциональной безопасности и устойчивости промышленного железнодорожного транспорта обидеого пользования, определенных Транспортной стратегией Российской Федерации и стратегией развития ОАО «РЖД» до 2020 года. Вопросы повышения энергоэффективности и ресурсосбережения тепловозов в настоящее время являются главной задачей в области инновационных проектов. В частности, немаловажное значение имеет для развития промышленного железнодорожного транспорта решение таких приоритетных задач, как разработка и внедрение инновационных технологий и устройств в области эксплуатации тепловозов; модернизация узлов и систем топливной аппаратуры, зажигания, энергопотребления; поиск новых подходов нейтрализации отработавших газов дизелей тепловозов.

Экономическая ситуация в стране не позволяет в достаточной степени обновлять тяговый подвижной состав (ТПС), что требует поиска новых подходов и технологий по поддержанию его в работоспособном состоянии. В настоящее время особую актуальность приобретают вопросы, связанные с поиском методов и средств повышения топливной экономичности и экологической безопасности дизелей тепловозов.

Маневровая работа является важной составляющей железнодорожного транспорта. Эксплуатационные показатели дизельных двигателей в полном жизненном цикле в значительной степени зависят от его пусковых характеристик. Как показывают многочисленные исследования, только доводка рабочих процессов в дизелях тепловозов за счет выбора конструктивных и регулировочных параметров дизеля и его топливной аппаратуры не позволяет решить задачу повышения их топливной экономичности и экологической безопасности. Причем, проблема режима запуска дизелей тепловозов при низких температурах ($-5^{\circ}\text{C} \dots -30^{\circ}\text{C}$), когда выбрасывается в атмосферу огромное количество топлива и токсичных веществ, остается вне поля зрения исследователей. Анализ же технического состояния маневровых тепловозов позволяет искать пути решения этой проблемы в совершенствовании системы зажигания и создания устройств повышения технико-экономических показателей и эксплуатационных характеристик маневровых тепловозов, уменьшении расхода топлива за счет исключения холостого хода, унификации батарей, снижении загрязнения окружающей среды, минимизации риска коммерческой деятельности за счет повышения надежности тепловозов.

В работах Российских ученых Ю.Н., Иванова С.А., Осипова С.И и др., проведены исследования по использованию суперконденсаторов для решения проблемы обеспечения графика нагрузки электроэнергетической системы. Показана эффективность использования комбинированных энергоустановок, как перспективных устройств, позволяющих повысить технико-экономический уровень и эксплуатационные характеристики транспортных средств.

Значимость проблематики в региональном аспекте подтверждается еще и тем, что в настоящее время на территории Республики Татарстан функционируют пять предприятий промышленного железнодорожного транспорта: ОАО «Казанское межотраслевое предприятие «Промжелдортранс», ООО «Железнодорожник», ООО «Промтранс-А», ООО «Промжелдортранс-Сервис» и ООО «Менделеевскаэот». Основной их деятельностью является

перевозка грузов со станций примыканий ОАО «РЖД» к промышленным предприятиям республики и обратно. Пользователями услуг данных предприятий являются крупнейшие предприятия промышленности. Среди них можно назвать ОАО «Казаньоргсинтез», ОАО «КАМАЗ», ОАО «Татнефть», ОАО «Казанский вертолетный завод», ОАО «Казанское моторостроительное производственное объединение», предприятия на территории Свободной экономической зоны «Алабуга» и другие. Повышение технико-экономического уровня, совершенствование эксплуатационных характеристик маневровых тепловозов позволит при этом, кроме прочего, получить весьма значительный экономический эффект в целом.

Объекты исследования — электротехнические системы, обеспечивающие накопление, передачу импульсной электрической энергии в систему зажигания транспортных средств; комбинированный емкостно-аккумулирующий энергоисточник (ЕАЭ) на базе суперконденсаторов и электронных устройств управления энергоисточниками; переходные процессы и пусковые характеристики дизелей с комбинированной системой зажигания.

Цель работы — разработка и создания надежной, экономичной комбинированной системы электропитания для пуска двигателей внутреннего сгорания маневровых тепловозов, позволяющей повысить энергетические и качественные характеристики источников электропитания системы зажигания.

Основная идея диссертационной работы заключается в построении эффективной комбинированной системы электропитания (КСЭП) на базе суперконденсаторов для повышения технико-экономических характеристик транспортных средств, обоснования совокупности технических решений и требований при использовании комбинированной системы электропитания в пусковом режиме транспортных средств на примере дизелей маневровых тепловозов необщего пользования. При этом, энергоемкость системы зажигания должна обеспечивать многократный, надежный и гарантированный запуск ДВС при температуре окружающей среды до -30°C , сбережение энергетических и материальных ресурсов маневровых тепловозов и снижение загрязнения окружающей среды.

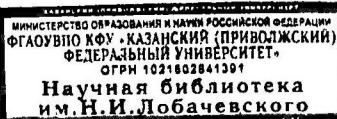
Достижение цели обеспечивается постановкой и решением следующих основных задач:

1. Проведение экспериментальных исследований влияния импульсной нагрузки на эксплуатационные характеристики химических источников (Акб) и КСЭП.

2. Разработка расчетно-экспериментальных методов определения параметров КСЭП, как основной путь повышения надежности и технических характеристик инерционных химических источников тока и суперконденсаторов.

3. Разработка комбинированной системы электропитания для пуска ДВС маневровых тепловозов обеспечивающей многократный, надежный и гарантированный запуск при минусовых температурах окружающей среды.

4. Улучшение эксплуатационных характеристик КСЭП и токораспределительных цепей «заряда-разряда» химических источников тока, за счет применения электронных устройств разделения цепей «заряда-разряда» и сбалансирования.



5. Разработка методики экономической оценки мероприятий по использованию комбинированной системы электропитания для дизелей тепловозов ТЭМ-2, ЧМЭ-3.

6. Оценка эффективного использования импульсной стримерной короны для очистки отработавших газов дизельного двигателя тепловоза.

Методы исследования: теоретические и экспериментальные исследования на основе разработанных устройств микропроцессорной техники, анализ, синтез, метод аналогии; обобщение и анализ научно-технической литературы; технико-экономический анализ.

Обоснованность и достоверность полученных результатов обеспечивается их соответствием исследованиям рабочего процесса дизельного двигателя тепловоза при работе в условиях отрицательных температур окружающей среды, использованием известных апробированных методов и современных контрольно – измерительных приборов, сходимостью расчетных данных с экспериментальными.

Научная новизна работы заключается в том, что:

1. Разработана комбинированная система электропитания для пуска двигателей внутреннего сгорания маневровых тепловозов с емкостно-аккумулирующим энергоисточником на основе суперконденсаторов, обеспечивающая повышение топливной экономичности и энергоэффективности перевозочных процессов и эксплуатационных характеристик маневровых тепловозов.

2. Разработаны и предложены рациональные электрические схемы устройств по интеграции элементов и узлов управления КСЭП, повышении эксплуатационной надежности суперконденсаторов и технических характеристик бортовых химических источников тока, работающих в режимах «заряда» и «разряда».

3. Доказано преимущество использования комбинированной системы электропитания зажигания с емкостно-аккумулирующим энергоисточником, по сравнению с инерционными химическими источниками тока за счет сокращения пускового времени дизеля.

4. Предложены высокoeffективные методы и средства снижения отрицательного экологического воздействия дизелей на окружающую среду.

5. Разработана методика экономической оценки мероприятий по применению комбинированной системы электропитания в системе зажигания ДВС тепловоза.

Практическая значимость работы состоит в:

1. Разработке и внедрении в систему зажигания дизелей тепловозов комбинированную систему электропитания для пуска дизеля, позволяющей обеспечить более высокую производительность маневровых тепловозов; уменьшить загазованность рабочей зоны; снизить в условиях простоя расход топлива.

2. Повышении топливной экономичности и снижении экологического воздействия тепловозных дизелей путем применения комбинированной системы электропитания в режимах «пуска» и «холодного хода».

3. Экономии эксплуатационных расходов, определяющейся снижением расхода топлива, объемов вредных выбросов в атмосферу, снижением отбора мощности на генератор, сменой типа батарей и увеличением ресурса дизеля.

На защиту выносятся следующие положения:

- схемотехнические решения устройств комбинированной системы электропитания и устройств управления системой, алгоритмы их работы для пуска ДВС маневровых тепловозов;
- методика выбора оптимальных параметров КСЭП, как основной путь повышения надежности и технических характеристик инерционных химических источников тока и суперконденсаторов;
- методика экономической оценки и обоснования применения комбинированной системы электропитания в системе зажигания ДВС маневровых тепловозов;
- методика снижения отрицательного экологического воздействия дизелей тепловозов на окружающую среду.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы и ее отдельные результаты обсуждены и одобрены на: 13-ой, 14-ой, 15-ой ежегодной Международных научно-технических конференциях студентов и аспирантов "РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА" (2007-09 г.г, Москва); Межвузовских магистерско-аспирантских семинарах, посвященных Дню Энергетика (2007-09 г.г КГЭУ, Казань); II-ой Международной научно-технической конференции «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов» (ELPIT 2009, Тольяти); IV - Международной научно-технической конференции «Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования» (г.Вологда. 2008).; Международной молодежной научно-технической конференции «Тинчуринские чтения» (2007-2010г.г, КГЭУ).

Личный вклад соискателя: приведенные в диссертации результаты являются составной частью НИОКР, выполняемых в ОАО «Казпромжелдортранс» при личном участии автора. В работах, опубликованных в соавторстве, соискателю принадлежит постановка и формализация задач, разработка теоретических и методических положений и методов, анализ результатов и их внедрение на промышленном предприятии.

Реализация результатов работы. Результаты исследований послужили основой для разработки технико-экономических предложений по использованию комбинированной системы электропитания в системе зажигания маневровых тепловозов необщего пользования. На основании проведенных исследований разработана и изготовлена комбинированная система электропитания на основе суперконденсаторов, и внедрена в систему зажигания тепловоза ТЭМ-2 на предприятии ОАО «Казпромжелдортранс»

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 работ, из них 4 публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 138 страницах, состоит из введения, 5 глав, заключения; содержит 62 рисунка, 15 таблиц и список использованной литературы из 90 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В настоящее время одной из проблем региональных железнодорожных предприятий является решение актуальных задач, таких как повышение эксплуатационных и технических характеристик маневровых тепловозов, уменьшение расхода топлива, снижение загрязнения окружающей среды, снижение риска коммерческой деятельности за счет повышения надежности

тепловозов, приводящих к усилению позиций ОАО «РЖД» на рынке перевозок. Адресная работа по повышению энергоэффективности перевозочного процесса республики Татарстан должна обеспечить предприятию, как ОАО «Казпромжелдортранс», в 2010 году относительную экономию топливно-энергетических ресурсов в объеме 1,8.тыс. тонн в условном исчислении на сумму 2,1 млн. руб. (в ценах 2008 г.). Поэтому вопросы энергоэффективности перевозочного процесса и экономичности маневровых тепловозов требуют существенных исследований и являются весьма актуальными.

В главе 1 проведен анализ существующих методов и средств повышения энергоэффективности, топливной экономичности всего перевозочного процесса и снижения экологического воздействия тепловозных дизелей и прочей эксплуатационной деятельности маневровых тепловозов необщего пользования.

Система зажигания предназначена для воспламенения топливно-воздушной смеси в точно установленный момент времени. Надежное зажигание в широком диапазоне режимов работы двигателя является существенным фактором для эффективной работы. Необходимой операцией надежного запуска двигателя внутреннего сгорания (ДВС) является поддержание нормированной частоты вращения коленчатого вала, с целью обеспечения условий протекания смесеобразования, сжатия и воспламенения. Нормированная частота вращения коленчатого вала дизелей осуществляемая электростартером зависит от многих условий и параметров бортового источника. Существенное значение имеет температура окружающей среды, емкость аккумуляторных батарей, степень их заряженности и т.д. Известно, что мощность пусковых электростартеров составляет примерно 15- 20% мощности пускаемого дизельного двигателя тепловоза. Также, энергоемкость системы зажигания должна обеспечивать необходимое число повторных пусков и быстро восстанавливаться при работе ДВС. Однако, в ходе практической эксплуатации тепловозов аккумуляторные батареи работают при уровне заряженности 50-70% от номинального (нередки случаи снижения ёмкости батареи до 30%). При этом увеличивается внутреннее сопротивление бортовой батареи, снижается пусковой ток стартера, увеличивается время прокрутки вала дизеля до момента надежного пуска. Всё это, наряду со старением аккумуляторных батарей снижает вероятность гарантированного запуска ДВС. Не имея устройств гарантированного пуска, машинисты вынуждены оставлять ДВС работающим на холостом ходу, расходуя горючее и моторесурс, загрязняя окружающую среду. Расчетное определение расхода топлива в пусковом режиме ДВС, зависящего от рабочего объема и от числа оборотов вала, производится в соответствии с выражением

$$G_{TC} = [1,8 p_0 V_h / (R_{возд} T_0)] \eta_V (n / l_0) \alpha_T. \quad (1)$$

где, p_0 – давление окружающей среды (воздух), V_h – рабочий объем двигателя, $R_{возд}$ – газовая постоянная воздуха, T_0 – температура остаточных газов, η_V – коэффициент заполнения, в котором вес топлива составляет долю α_T / l_0 (α_T – коэффициент количества топлива, l_0 – расчетное количество воздуха необходимое для полного сгорания топлива).

В табл. 1 приведены сравнительные результаты аналитических и опытных измерений расхода топлива тепловозов ОАО «Промжелдортранс» с комбинированной системой электропитания.

Таблица 1

Сравнительные результаты измерений расхода топлива с ЕАЭ.

Тепловоз	Дизель	Расход топлива за сутки, опыт, Акб, кг	Расход топлива за сутки, Расчет, кг	Расход топлива в рабочем режиме кг	Расход топлива в режиме «простоя» кг	Экономия Топлива за сутки с АКБ+КСЭП Опыт, кг
ТГМ-23	12ЧН 14/14	8736,42	8580	2912	5824	5805
2ТЭ116	1А-5Д49	8684,28	8472	2894	5780	5735
2ТЭ10М	10Д100	9073,86	8894	3024	6048	5940
ЧМЭЗ	К6S310DR	2121,12	1998	707	1414	1380
ТЭМ2(2	ПД-1М	3729,82	3694	1243	2486	2423
ТЭМ-2	3А-6Д49	3396,14	3219	1132	2240	2190
ТГМ5	3А-6Д49	3659,58	3623	1219	2439	2385

На основании измеренной расхода топлива расходомером ОР-40/2СЭ и расчетов по формуле (1), проведённых в ОАО «Промжелдортранс», на тепловозах ТЭМ-2 (дизель 3А-6Д49), ЧМЭ-3 (дизель К6S310DR), сделан вывод о целесообразности обоснования и применения КСЭП в системе зажигания дизелей в пусковом режиме, обеспечивающем топливную экономичность и экологическую безопасность тепловозных дизелей.

В главе 2 приведены методики экспериментального и аналитического исследований по обоснованию применения КСЭП на основе суперконденсаторов в системе зажигания для нормирования частоты вращения коленчатого вала в пусковое время.

Анализ электрической схемы всего электрооборудования тепловоза и режимов его работы позволил выявить особенности работы системы зажигания и целесообразность ее совершенствования. Общая схема КСЭП представленная на рис.1, содержит устройства разделения цепей «заряда», «разряда» и сбалансирования, повышающие надежность всей системы.

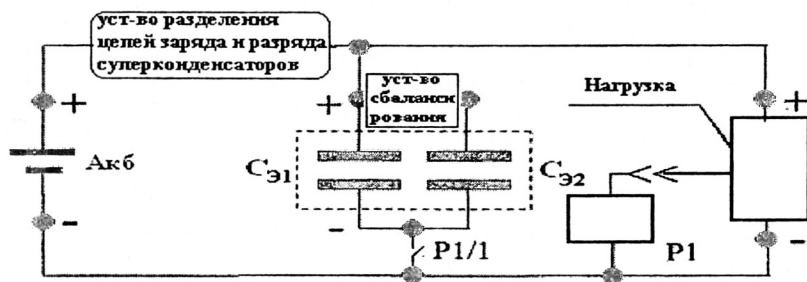


Рис. 1. Общая схема комбинированной системы электропитания

Изучение переходных процессов в цепи зажигания ДВС с комбинированной системой электропитания проводилось по разработанной схеме (рис. 2), где было исследовано воздействие разной импульсной нагрузки на бортовой источник питания тепловоза и комбинированную систему, в режимах накопления, хранения, выдачи энергии.

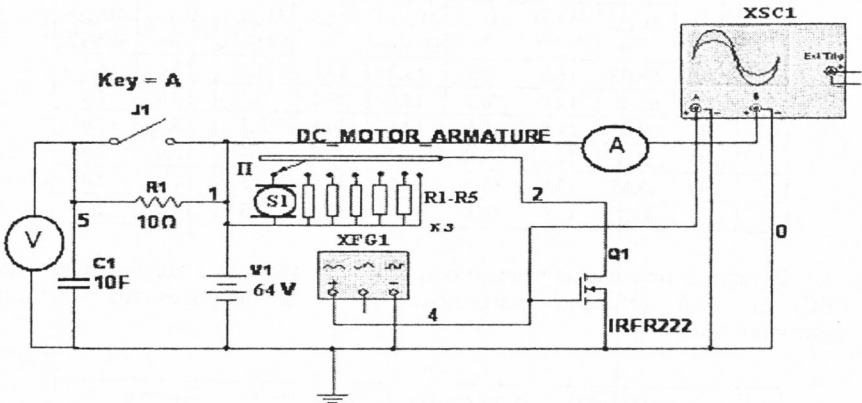


Рис. 2. Схема изучения переходных процессов работы КСЭП в системе зажигания

На рис.3. приведены осциллограммы, иллюстрирующие падения напряжений бортовой сети, как со штатной аккумуляторной батареей, так и с суперконденсатором ($C=10\text{Ф}$), при частоте воздействия нагрузки 20 Гц.

Аналогичные результаты были получены при частотах от 10 до 500 Гц, при этом происходило увеличение тока нагрузки до тока короткого замыкания (рис.2). Анализ полученных данных свидетельствовал о существенном различии величин напряжений питания при различных токах нагрузки, как без накопителя электроэнергии, так и с накопителем.

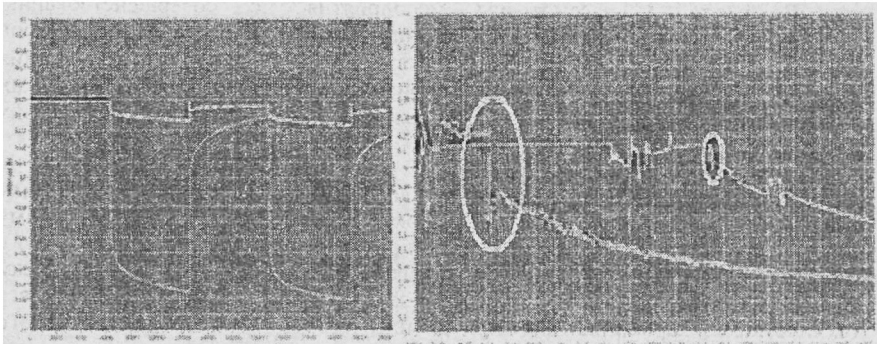


Рис. 3. Посадки напряжения в режимах отдачи и накопления электроэнергии КСЭП при частоте воздействия нагрузки 20 Гц.

В табл. 2 показаны характерные изменения падений напряжений бортовой сети (без конд.- $\Delta U_{\text{Акб}}$ и с конд. $\Delta U_{\text{Акб+конд}}$ $C=10$ Ф) при варьировании токов нагрузки в режиме «разряда» (выдачи электроэнергии).

Таблица 2

№ п/п	f, Гц	I _{ном} · 10, А		I _{ном} · 5, А		I _{ном} · 2,5, А		I _{ном} · 1,25, А	
		$\Delta U_{\text{Акб}}$ %	$\Delta U_{\text{Акб+конд}}$ %, конд.	$\Delta U_{\text{Акб}}$ %	$\Delta U_{\text{Акб+конд}}$ %, конд.	$\Delta U_{\text{Акб}}$ %	$\Delta U_{\text{Акб+конд}}$ %, конд.	$\Delta U_{\text{Акб}}$ %	$\Delta U_{\text{Акб+конд}}$ %, конд.
1	10	63,05	15,6	78,3	13,2	39,6	8,5	13,6	3,2
2	20	63,01	14,8	76,2	13,0	39,2	8,5	13,6	2,8
3	50	59,63	14,8	75,0	12,8	36,8	8,3	13,7	3,0
4	100	56,4	14,7	68,48	13,2	34,2	8,4	12,3	2,6
5	200	49,65	13,9	59,4	13,2	33,0	8,3	11,4	2,4
6	500	42,7	13,5	56,8	12,4	33,6	8,3	19,8	2,2

В табл. 3 приведены зависимости частоты вращения коленчатого вала ДВС от Акб (степени заряженности) и комбинированной системы электропитания.

Таблица 3

№	f, Гц	Заряженность Акб.30%		Заряженность Акб.40%		Заряженность Акб.60%		Заряженность Акб.100%	
		$\omega_{\text{Акб}}$ об/мин	$\omega_{\text{Акб+конд}}$ об/мин	$\omega_{\text{Акб}}$ об/мин	$\omega_{\text{Акб+конд}}$ об/мин	$\omega_{\text{Акб}}$ об/мин	$\omega_{\text{Акб+конд}}$ об/мин	$\omega_{\text{Акб}}$ об/мин	$\omega_{\text{Акб+конд}}$ об/мин
1	10	923,82	2109,37	989,06	2170,31	1503,16	2287,5	2259,76	2420,31
2	20	924,60	2130,07	1094,92	2175	1519,92	2287,5	2059,76	2429,68
3	50	1008,98	2130,07	1195,58	2179,68	1579,68	2292,18	2057,42	2425
4	100	1089,84	2132,42	1328,89	2769,92	1644,14	2289,84	2002,18	2435,15
5	200	1258,59	2152,34	1414,84	2769,92	1675	2292,18	1980,46	2439,84
6	500	1432,42	2162,5	1479,68	2189,84	1659,76	2292,18	1894,68	2444,92

В главе 3 рассмотрены мероприятия по совершенствованию электрооборудования системы зажигания, обоснован выбор параметров комбинированной системы электропитания, решены задачи повышения надежности и технических характеристик как бортовых химических источников тока, так и параллельно подключаемого суперконденсатора при их работе в импульсном режиме.

Использование суперконденсаторов имеет свои особенности ввиду их большой емкости. Непосредственное подключение к химическому источнику приводит к огромным пусковым токам, что равносильно короткому замыканию. Кроме того, использование конденсатора в системах совместно с аккумуляторными может привести к гигантским импульсным выбросам мощности при случайных коротких замыканиях. Однако, не учитывая технических характеристик суперконденсаторов и их правильного подключения к системе зажигания, невозможно обеспечить надежность системы. С целью повышения надежности всей системы запуска разработаны электрические схемы (рис. 4) устройств, обеспечивающие:

а) номинальный режим «заряда» суперконденсатора; б) разделение зарядных и разрядных токов; в) ограничение импульсного разрядного тока; г)

предотвращение перезаряда суперконденсаторов; д) повышение надежности суперконденсаторов, имеющих параметрические отклонения за счет шунтирующих сопротивлений; ж) повышение надежности за счет применения мощных стабилитронов; и) ограничение зарядного напряжения на основе полевых транзисторов; з) мониторинг технического состояния всей КСЭП.

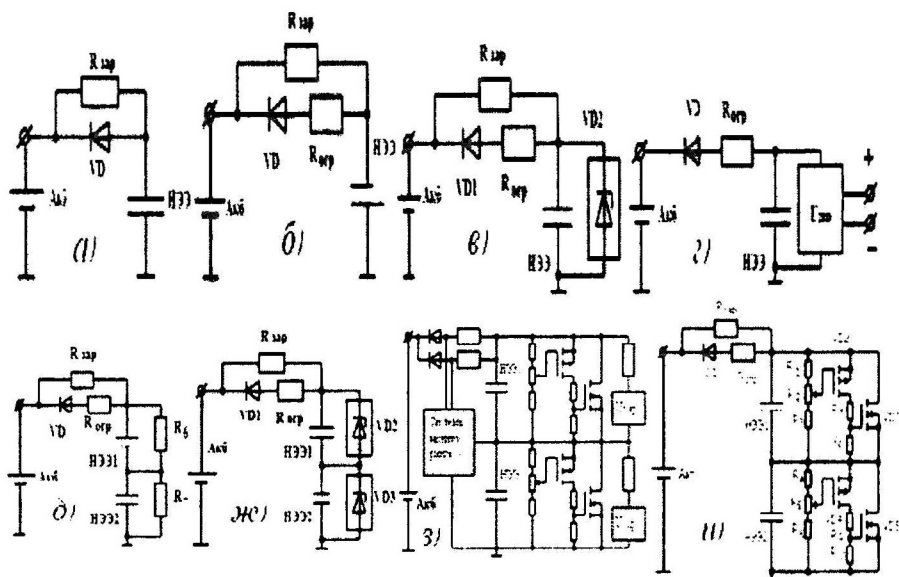


Рис. 4. Электрические схемы устройств повышения эксплуатационных характеристик комбинированной системы запуска дизелей тепловозов

В главе 4 приводится алгоритм оптимизации параметров КСЭП на основе суперконденсаторов CAPACITOR 14pp-0,5/0,015, CAPACITOR 110 ПП-14/0,3 и определение временных характеристик всей комбинированной системы с использованием тепловозных аккумуляторных батарей 32ТН-450 и генератора КГ-12.

Алгоритм оптимизации параметров КСЭП на основе суперконденсаторов осуществляется определением процента энергии, выдаваемой за время пуска дизеля соотношением:

$$\frac{W_{\text{нак}}}{W_{\text{отд}}} = \frac{CU_1^2}{2} / \frac{C}{2} [U_1^2 - U_2^2], \quad (2)$$

где $W_{\text{нак}}$ – электроэнергия, накопленная во время зарядки, Дж; $W_{\text{отд}}$ – электроэнергия отдаваемая в нагрузку, Дж; C – емкость конденсатора, Ф; U_1 , U_2 – начальное и конечное напряжения, В. При условии, если $U_1 = 64\text{В}$ и $U_2 = 40\text{В}$ бортовой сети тепловоза

$$U_2 = 5U_1/8, \quad (3)$$

т.е. конечное напряжение разряда соответствует 62,5% начального (наиболее рациональное), подставляя (3) в (2), получим:

$$W_{\text{нак}} / W_{\text{отд}} = 1,64 \quad (4)$$

Таким образом, НЭЭ способен отдать около 60% накопленной энергии при разряде до уровня начального напряжения. Требуемая емкость суперконденсатора для выдачи такого количества накопленной энергии при разряде до 62,5% начального напряжения определяется выражением:

$$C = 128 W_{\text{отд}} / 39 U^2 \quad (5)$$

Так как суперконденсаторы подключены параллельно к штатным батареям и в цепь электростартера, посадки напряжения ($\Delta U_{\text{Акб}^+ \text{конт}}$, табл. №2) в момент потребления энергии определяются:

$$\Delta U = I r_{\text{КСЭП}}; \quad (6)$$

где I – ток в цепи зажигания электростартера, А; $r_{\text{КСЭП}}$ – внутренние сопротивления КСЭП, Ом; U – напряжение в цепи, В. Тогда конечное напряжение (3) при разряде до 62,5% начального напряжения определяется выражением:

$$U_2 = 5(U_1 - \Delta U) / 8, \quad (7)$$

Результаты испытаний комбинированной системы с разработанными устройствами показали надежность и гарантированность КСЭП запуска, при котором суперконденсатор работая в паре со штатной батареей, берёт на себя все мощностные функции в период максимальной востребованности энергии на стартере (первые секунды пуска двигателя).

Параметрические исследования режимов системы зажигания на начальном участке пуска тепловозного дизеля показывают о существенном влиянии суперконденсатора на электрические параметры КСЭП в ходе прокрутки дизеля до пуска (Рис. 5).

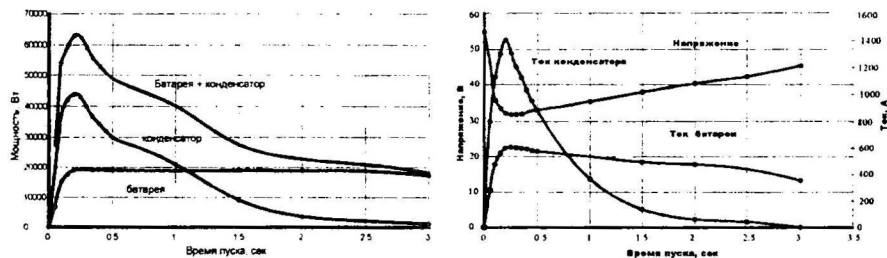


Рис. 5. Зависимости электрических параметров КСЭП от времени пуска ДВС

На рис. 6 приведен сравнительный временной анализ по годам и месяцам экономии топлива за счет вывода стартерных батарей и установки комбинированной системы электропитания.

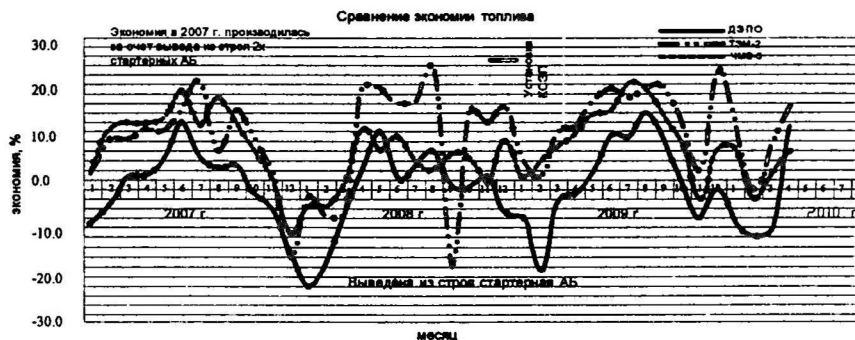


Рис. 6. Диаграмма экономии расхода топлива для двух тепловозов за 2007-09 гг.

Глава 5 посвящена анализу методов оценки и путей снижения отрицательного экологического воздействия дизелей на окружающую среду.

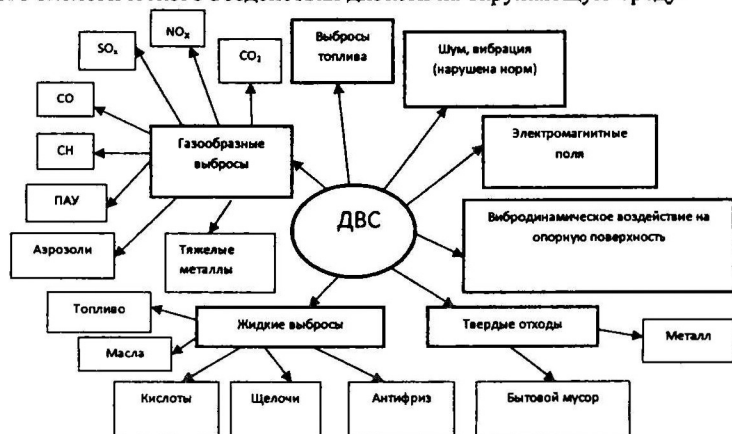


Рис. 7. Схема взаимодействия ДВС с окружающей средой

Приведены технические возможности создания высокоэффективных электрофизических установок для транспортных средств по очистке выхлопных газов от экологически вредных примесей.

На рис.7.показана в виде модели схема взаимодействия ДВС с окружающей средой, из которой вытекают основные направления по совершенствованию отдельных узлов ДВС, разработке и внедрению новейших технологий очистки выхлопных газов, как способ использования импульсной стримерной короны.

С целью повышения эффективности очистки были проведены экспериментальные исследования по выбору формы и параметров импульсного напряжения.

В качестве генератора импульсных напряжений был разработан и изготовлен генератор импульсных напряжений (ГИН) с оптимальными параметрами по степени конверсии отработавших газов, амплитудой 5-8 кВ,

длительностью прямоугольных импульсов $2,5 \pm 0,5$ мс. Регистрация осуществлялась автоматическим переносным многокомпонентным газоанализатором «АНГОР», предназначенным для измерения содержания кислорода, оксида углерода, оксида и диоксида азота, диоксида серы в отходящих газах топливосжигающих установок.

Из рис. 7 следует характерная особенность снижения степени очистки воздуха от оксидов серы при изменении расхода газа. Вероятно, такая зависимость удаления оксидов серы может быть связана с реакцией отрицательного иона кислорода озона в поле коронного разряда.

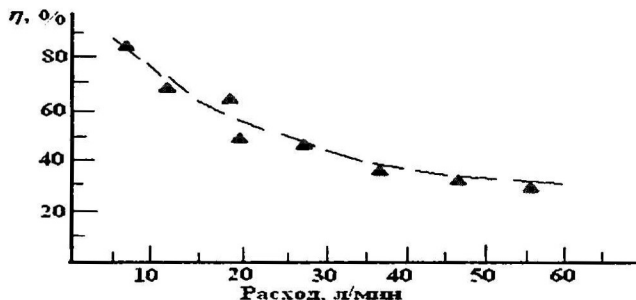


Рис. 7. Конверсия SO_2 в продуктах сгорания топлива при использовании импульсной стримерной короны.

Эти процессы существенно влияют на конверсию SO_2 , прежде всего при длительном воздействии на газ разрядных импульсов, когда в газе нарабатывается достаточное количество озона.

Основные результаты работы

Подводя итоги теоретических и экспериментальных исследований проведенных в диссертации, можно сформулировать основные результаты:

1. Разработана комбинированная система электропитания для пуска двигателей внутреннего сгорания маневровых тепловозов с емкостно-аккумулирующим энергоисточником на основе суперконденсаторов, обеспечивающая повышение топливной экономичности и энергоэффективности перевозочных процессов и эксплуатационных характеристик маневровых тепловозов.

2. Разработаны и предложены рациональные электрические схемы устройств по интеграции элементов и узлов управления КСЭП, повышении эксплуатационной надежности суперконденсаторов и технических характеристик бортовых химических источников тока, работающих в режимах «заряда» и «разряда».

3. Доказано преимущество использования комбинированной системы электропитания зажигания с емкостно-аккумулирующим энергоисточником, по сравнению с инерционными химическими источниками тока за счет сокращения пускового времени дизеля.

4. Предложены высокоэффективные методы и средства снижения отрицательного экологического воздействия дизелей на окружающую среду.

5. Впервые проведен расчет технико-экономической эффективности от использования комбинированной системы электропитания в системе зажигания ДВС тепловоза для повышения топливной экономичности. Обоснованы принципы экономии эксплуатационных расходов маневровых тепловозов за счет увеличения продолжительности работы аккумуляторов батарей или появления возможности применения батарей с малой емкостью.

6. Результаты научных исследований внедрены на Казанском межотраслевом предприятии «Промжелдортранс».

Основное содержание диссертации отражено в следующих работах:

1. Валеев А.И., Марченко Г.Н. К вопросу экономии дизельного топлива на тепловозах Казанской «Промжелдортранс» // Автоматизация и энергосбережение: Материалы четвертой международной науч.-тех. конференции. Т.1. – Вологда. ВоГТУ, 2008 – С.85-86.

2. Валеев А.И., Марченко Г.Н. Проблемы и перспективы развития экологических и технико-экономических показателей тепловозных дизельных двигателей // Радиозлектроника, электротехника и энергетика: Тез. докл. Тринадцатой международной науч.-тех. конференции студентов и аспирантов. – М., МЭИ (ТУ), 2008.- 371-373.

3. Валеев А.И., Марченко Г.Н. Нестационарные методы снижения токсичности отработавших газов двигателей внутреннего сгорания // Материалы докладов III Молодежной науч. конф. «Тинчуринские чтения» / Под общей редакцией д-ра физ-мат наук. проф. Петрушенко Ю.Я. В Т.3 – Казань, Казанский государственный энергетический университет, 2008 – С. 55-56.

4. Валеев А.И., Марченко Г.Н. Мероприятия по повышению экологической безопасности и экономичности дизельных двигателей // В сб. трудов II международного экологического конгресса ELPIT 2009 – Т.1 – Тольятти, ТГУ, 2009 – С.147-149.

5. Валеев А.И., Марченко Г.Н. Экологические проблемы совершенствования дизельных двигателей тепловозов // Тезисы докладов XIII Аспирантско-магистерского семинара под общей редакцией д-ра физ-мат наук. проф. Петрушенко Ю.Я. Казань, Казанский государственный энергетический университет, 1-5 декабря 2009, – С. 51-52.

6. Валеев А.И., Валеев И.М.. Оптимизация энергопотребления и реализация комплексных мероприятий по экономии топливных ресурсов дизелей // Тезисы докладов XIII Аспирантско-магистерского семинара под общей редакцией д-ра физ-мат наук. проф. Петрушенко Ю.Я. Казань, Казанский государственный энергетический университет, 1-5 декабря 2009, – С. 27-28.

7. Валеев А.И., Марченко Г.Н. Повышение экономичности дизельных двигателей тепловозов ТГМ-6А, ТЭМ-2, (2УМ). // Материалы докладов 14 Международной науч. конф. «Тинчуринские чтения» / Под общей редакцией д-ра физ-мат наук. проф. Петрушенко Ю.Я. В Т.3 – Казань, Казанский государственный энергетический университет, 2008 – С. 35-36.

8. Валеев А.И., Марченко Г.Н. Совершенствование системы запуска дизельных двигателей // Материалы докладов 15 Международной науч. конф. «Тинчуринские чтения» / Под общей редакцией д-ра физ-мат наук. проф.

Петрушенко Ю.Я. В Т.3 – Казань, Казанский государственный энергетический университет, 2009 – С. 55-56.

9.Валеев А.И., Марченко Г.Н. Нестационарные методы снижения токсичности отработавших газов двигателей внутреннего сгорания // Энергетика Татарстана. – 2009. - №4(16). С.54-58.

10. Валеев А.И. Обеспечение системной надежности электроснабжения промышленных предприятий // Энергетика Татарстана. – 2009. - №2(14). С.49-51.

Публикации в журналах по списку ВАК

11. Валеев А.И., Марченко Г.Н. Проблемы развития предприятий агропромышленного комплекса в современных конкурентных условиях // Экономический вестник республики Татарстан. -2009. -№3. – С57-61.

12. Файзуллина С.Х., Валеев А.И.,Марченко Г.Н. Тарификация услуг промышленного железнодорожного транспорта как фактор стабильности развития экономики региона // Экономический вестник республики Татарстан. - 2009. -№6. – С.45-49.

13. Валеев А.И. Комбинированная система генерации электрической энергии в режиме запуска ДВС транспортных средств // Энергетика Татарстана. – 2010. - №2(18). С.70-73.

14. Петрушенко Ю.Я., Марченко Г.Н., Валеев А.И. Проблемы повышения топливной экономичности и экологической безопасности тепловозных дизелей в пусковом режиме // Изв. ВУЗов. Проблемы энергетики. -2010. - №3-4. – С.45-51.

Подписано к печати 1.11.2010
Гарнитура «Times»
Тираж 100 экз.

Вид печати РОМ
Усл.печ.л. 0,94
Заказ № 3989

Формат 60х84/16
Бумага офсетная
Уч.-изд. л. 1.0